

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-205013

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)8月17日

C 21 B 11/00  
13/00

7730-4K  
7730-4K

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑮ 発明の名称 溶融還元法

⑯ 特 願 昭63-28580

⑰ 出 願 昭63(1988)2月9日

⑱ 発 明 者 岩 崎 克 博 東京都千代田区丸ノ内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内  
⑱ 発 明 者 高 橋 謙 治 東京都千代田区丸ノ内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内  
⑱ 発 明 者 井 上 茂 東京都千代田区丸ノ内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内  
⑱ 発 明 者 田 辺 治 良 東京都千代田区丸ノ内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内  
⑲ 出 願 人 日本鋼管株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号  
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

溶融還元法

2. 特許請求の範囲

1) 鉄鉱石を炭材、造滓剤とともに、製鉄炉に装入し、底吹き羽口及び横吹き羽口から不活性ガス、COまたはプロセスガスを吹き込む溶融還元法であって、

(1) 先端がスラグ層の上面付近乃至下面付近のレベルにある上吹き酸素ランスより脱炭用酸素および二次燃焼用酸素を吹き込み、

(2) 前記横吹き羽口からのガス流の少なくとも一部が前記底吹き羽口から吹き込まれたガスにより盛り上がった溶湯部分に当たるようにし、

(3) 前記製鉄炉で発生するガスの酸化度 $[(H_2O+CO_2)/(H_2+H_2O+CO+CO_2)]$ を0.5乃至1.0とすることを特徴とする溶融還元法、

2) 予熱予備還元炉を設けて、これに前記製鉄炉の発生ガスを導入し、この発生ガスの温度を300℃乃至1300℃、予備還元率を30%以下として鉄鉱石を予熱予備還元した後、前記製鉄炉に装入することを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の溶融還元法、

3) 塊状の炭材を前記製鉄炉にその炉口または専用の投入口から重力落下により装入することを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第2項のいずれかに記載の溶融還元法、

4) 粉状の炭材を前記上吹き酸素ランスに設けた専用のノズルから製鉄炉に吹き込むことを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第3項のいずれかに記載の溶融還元法、

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

この発明は炭材を燃料および還元材として用い、鉄鉱石を転炉型製鉄炉内において溶融状態で還元する溶融還元法に関する。

## 〔従来の技術〕

溶融還元法は高炉製鉄法に代わるものであり、高炉製鉄法においては高炉の建設費が高く広大な敷地が必要であるという欠点を解消すべく、近年に至り開発されたものである。

この還元法においては、鉄鉱石は製鉄炉からの排ガスで予備還元され、炭材、造滓材とともに製鉄炉内に装入され、また酸素ガスまたは攪拌用ガスが前記製鉄炉内に吹き込まれる。こうして炭材が、予め装入されてある溶鉄に溶解されるとともに、炭材のCが酸素ガスによって酸化される。このときの酸化熱によって鉄石が溶融されるとともに、鉄鉱石が炭材または溶鉄中のCによって還元される。溶鉄から発生するCOガスは過剰に吹き込まれる酸素ガスにより2次燃焼されてCO<sub>2</sub>ガスになる。このCO<sub>2</sub>ガスの顕熱は、溶鉄上を覆っているスラグまたはフォーミングスラグ中の粒鉄に伝達され、次いで溶鉄に伝達される。

こうして、鉄鉱石が還元されて溶鉄が製造されるが、製鉄炉における還元工程を軽減するため、

て、予備還元された鉄鉱石の製鉄炉内への装入と製造される溶鉄の出湯サイクルとのバランスをとることが難しい。このことは必然的に製鉄炉の自由度を大きく制限する。

また、鉄鉱石のスラグ中での溶解速度を上げ鉄鉱石の還元処理速度を向上させるため、炉内のCOガスを2次燃焼させ、その熱を利用するという方法が考えられ、従来でも炉上部壁から2次燃焼用O<sub>2</sub>ガスを吹き込む方法がとられている。しかし従来では2次燃焼比をあげると排ガス温度は上昇するものの、排ガス顕熱を溶湯へ伝達する技術がなく、この結果、着熱効率が低下し、高温排ガスを排出せざるをえない。そしてこのような高温排ガスは炉内壁耐火物を激しく損耗させるという大きな問題があり、このため2次燃焼比はあまりあげられないというのが一般的な考え方であった。

この発明はかかる問題点を解決するためになされたものであって、溶鉄またはスラグへの着熱効率を高めて前記製鉄炉からの発生エネルギーを抑

製鉄炉に装入される前の鉄鉱石の予備還元率を60%乃至75%とし、従って製鉄炉の排出ガスは還元性の高い低酸化度のガスを多量に使用している。(例えば特公昭61-43406)

## 〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、製鉄炉における還元工程を軽減するため、製鉄炉に装入される前の鉄鉱石の予備還元率を30%以上にする場合には、製鉄炉の排出ガスの酸化度 $[(H_2O+CO_2)/(H_2+H_2O+CO+CO_2)]$

以下、これを単にODと略記する]を下げる必要がある。こうすると前記排ガス量は必然的に増加することになり(例えば特公昭61-43406)、前記製鉄炉の発生エネルギーは1 Gcal/T(溶鉄)を大きく超えることになり、一般的な一貫製鉄所内のエネルギーバランス上発生エネルギーが過剰になる。このことは当然製造コストの増大につながる。

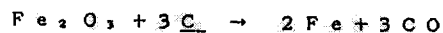
また、高い予備還元率を得るためには上記の通りODの低い排出ガスを必要とし、かつ鉄鉱石の予備還元炉内の滞留時間を長くすることになっ

え、製鉄所全体のエネルギー効率を向上させる操業性の良好な溶融還元法を提供しようとするものである。

## 〔課題を解決するための手段及び作用〕

以上のような問題点について、本発明者等は溶融還元メカニズム及びこれに対応した具体的な手段について検討を重ねたものであり、この結果、次のような事実を見出した。

①上述したように、従来では着熱効率向上に対する技術的限界や耐火物の損耗の面で2次燃焼比を大きく上げられないというのが基本的な考え方であるが、2次燃焼を主としてスラグ中で生じさせるよう酸素を吹き込み、かつスラグを強攪拌することにより、高2次燃焼を確保しつつ着熱効率を効果的に高めることが出来る。このような高2次燃焼、高着熱効率により、スラグ及びスラグ中の鉄鉱石の温度が高くなり、



で表されるC(溶湯中のC)による鉄鉱石の還元速度を効果的に高めることが出来る。

②従来法では、還元処理の一時期または全期間、酸素の底吹きを行っている例があるが、このような酸素の底吹きは2次燃焼に有害である。即ち、酸素を底吹きすると溶湯中で大量のCOガスを生じさせて溶湯を強攪拌し、この結果、溶湯スプラッシュが2次燃焼域に達し、この溶湯スプラッシュに含まれるCが酸素と反応することにより2次燃焼が阻害される。したがって還元期間の一部または全部を問わず、酸素を底吹きすることは避ける必要がある。

本発明は、このような知見にもとづき、次のような条件を規定し、これにより高い処理速度での還元処理を可能ならしめたものである。

(イ)攪拌ガスの底吹きと横吹きの組み合わせにより、溶湯をスラグ中の鉄鉱石の存在する領域に積極的に拡散させ、溶湯中のCによる鉄鉱石の還元作用を促進させる。

(ロ)所定レベル以上の2次燃焼比が得られるよう、脱炭用酸素とは別に2次燃焼用酸素の吹き込みを行う。そして、この2次燃焼用酸素を上吹

きランスからスラグ中に吹き込んで2次燃焼領域をスラグ中に形成させ、且つ横吹きガスによりスラグを強攪拌し、2次燃焼により生じた熱を鉄鉱石に蓄熱させる。

(ハ)溶湯中Cによる還元作用及び上吹き酸素による2次燃焼が阻害されないようにするため、横吹きガス及び底吹きガスは不活性ガス、COまたはプロセスガスとし、酸素は使わない。

これに加えて本発明による溶融還元法は製鉄炉に装入される鉄鉱石は予熱予備還元炉により予熱、予備還元され、さらに、前記予熱予備還元炉からキャリーオーバーされた鉄鉱石を回収することにより、熱効率または生産効率を高めることが出来る。

また、こうすることにより前記製鉄炉からの発生エネルギーは製造される溶鉄トン当たり10cal程度に抑えられ、製鉄所のプロセス全体のエネルギー効率が向上する。

即ち、この発明による溶融還元法は、鉄鉱石を炭材、造滓剤とともに、製鉄炉に装入し、底吹き

羽口及び横吹き羽口から不活性ガス、COまたはプロセスガスを吹き込む溶融還元法であって、

(1)先端がスラグ層の上面付近乃至下面付近のレベルにある上吹き酸素ランスより脱炭用酸素および2次燃焼用酸素を吹き込む、

(2)前記横吹き羽口からのガス流の少なくとも一部が前記底吹き羽口から吹き込まれたガスにより盛り上がった溶湯部分に当たるようにし、

(3)前記製鉄炉で発生するガスの酸化度 $[(H_2O+CO_2)/(H_2+H_2O+CO+CO_2)]$ を0.5乃至1.0とすることを特徴とする。

#### 【実施例】

本発明の実施例を添付の図面を参照しながら説明する。第1図は本発明の溶融還元法に用いられるプロセスの説明図である。製鉄炉10内には鉄浴11及びスラグ層12が形成され、副原料である炭材及び造滓剤が装入される第1のシュート13が前記製鉄炉の上部に設けられており、上吹き酸素ランス21が炉内に鉛直に挿入される。前記ランスには脱炭用酸素( $PCO_2$ )、2次燃焼

用( $DCO_2$ )の酸素をそれぞれ噴出するノズル22、23が設けられ、さらにランス先端の中心部には主に炭材または石灰等の副原料を吹き込むノズル24が設けられている。また、製鉄炉の側壁または炉底にはそれぞれ不活性ガス、COまたはプロセスガスを攪拌用ガスとして吹き込む横吹き羽口25、底吹き羽口26が設けられている。

製鉄炉10の上方には原料である鉄鉱石、副原料である炭材及び造滓剤等がよく知られた通常の原料供給装置(簡明のため特に図示せず)もしくは後に説明する予熱炉30から自然落下により製鉄炉に装入される第2のシュート14及び製鉄炉からの排ガスが排出される排ガス用導管15が設けられている。前記排ガス及び鉱石が導入されてこれを予熱する予熱炉30と、前記予熱炉30からの排ガスを受けてこれに含まれる鉄鉱石の微粒を除去する分離装置35とが設けられている。前記分離装置35から分離された鉄鉱石の粗粒または粉体を、Ar、N<sub>2</sub>等のキャリアガスとともに混合し、かつ加圧して横吹き羽口25、底吹き

羽口26から吹き込むため、混合、圧送の手段として加圧装置27が設けられている。

なお、前記予熱炉に代えて予熱予備還元炉とすることは容易である。この場合、予熱予備還元炉に導入される製鉄炉の発生ガスの温度は300℃乃至1300℃とされ、予備還元率は30%以下とされる。本プロセスにおいては予備還元率は30%を超えると酸化度ODは0.5に達しない。また、前記温度が300℃未満では予熱の効果を期待することが出来ず、1300℃を超えると設備の耐火性および予熱予備還元炉内で還元された鉄鉱石のスティッキングによる問題が生じる。

以上のように構成された溶融還元装置を用いる溶融還元法について説明する。原料である鉄鉱石は上記供給装置から予熱炉35に入り、ここで予熱された後、第2のシュート14から重力落下により製鉄炉10に装入される。炭材及び造滓剤は第1のシュートから重力落下により製鉄炉10に装入される。

炉内への装入物と吹き込みガスとの反応は後に

鉄鉱石の一部は予熱炉に戻されその残余は単塊もしくは粉炭材と混合されて加圧装置27、28に送られ、ここでキャリアガスと混合された後、加圧されて羽口25、26または上吹き酸素ランス21の専用ノズル24に送られ、ここから製鉄炉に吹き込まれる。上記鉄鉱石の吹き込みは歩留まりの向上になるが、粉炭の羽口からの吹き込みは還元材としての歩留まり向上に著しい効果が認められる。

次いで、製鉄炉内へのガス吹き込みと炉内反応との関係について、第2図乃至第7図を参照しながら詳しく説明する。第2図は第1図における吹き込みガスの挙動を模式的に示したものである。還元処理中は、その初期から終期に至るまで上吹きランス21、横吹き羽口25及び底吹き羽口26からガスの吹き込みが行われる。羽口25、26からのガス吹き込みは、両者の協働作用により溶湯をスラグ中に拡散させ、還元速度を飛躍的に高める効果をもたらす。

前述したように、本発明者等はスラグ層12の

詳述するが、炉内では溶湯による鉄浴11とスラグ層12が形成される。製鉄炉10で発生した排ガスは排ガス用導管15を通して予熱炉30に導入されて、前述の通り予熱炉30に装入された鉄鉱石が予熱される。予熱炉からの排ガスは分離装置35に入りここで細粒もしくは粉状の鉄鉱石が分離された後、通常の排ガス処理装置を経て排出されるか、もしくはプロセスガスとして羽口25、26から吹き込まれる攪拌用ガスとして、または粉体吹き込みのキャリアーガスとして用いられる。さらにこの排ガスはガス導管15に導入されて製鉄炉からの排ガスに混合され、予熱予備還元炉に導入されるガスの温度調節に使用することも可能である。

また、前記予熱炉30に代えて予熱予備還元炉とすることも可能で、OD=0.5~0.6で炭材原単位を低減し、予熱温度100℃増で炭材原単位12kg/Tの減、予備還元率1%増で炭材原単位8kg/Tの減となる。

前記分離装置で分離された細粒もしくは粉状の

鉄鉱石の還元は、大部分溶湯中のCを還元物質として進行するという事実を解明し、これに基づき溶湯を強攪拌してスラグ層(鉄鉱石が浮遊する領域)中に積極的に拡散させて還元速度を高めようというものである。このため本発明は、底吹き羽口26から攪拌ガスを供給して溶湯面に隆起部(A)を形成し、同時に、横吹き羽口25からガス流の少なくとも一部が上記溶湯隆起部(A)に当たるようにして攪拌ガスを供給するものであり、この横吹きガスにより溶湯隆起部(A)の溶湯がスラグ中に飛散することになる。スラグの見掛け比重は通常0.1~0.5であり、一方鉄鉱石の高比重は1~3前後であり、従ってスラグ中の鉄鉱石は、スラグ下部領域に集中して浮遊している。上記のように溶湯隆起部を横吹きガスで飛散させると、この飛散溶湯は、鉄鉱石が存在するスラグ層12の下部領域に拡散し、この拡散溶湯中のCが鉄鉱石を還元し、高い還元速度が得られる。このような効果を得るためには横吹きガスが製鉄炉の上下方向及び水平方向において成るべく

正確に上記溶湯隆起部(A)に当たるようにすることが好ましく、水平方向においては、第3図(a)、及び(b)に示すような位置関係で羽口25、26を設けることが好ましい。また、底吹き及び横吹きとも比較的多量のガスを吹き込み、強攪拌を行う必要があることは言うまでもないが、その吹き込みガス量は溶湯量、溶湯深さ等に応じて決定される。横吹きガスは、上述したような溶湯の拡散作用に加え、2次燃焼領域が形成されるスラグの攪拌作用をも行うものであり、これについては後述する。

本発明で使用する横吹きガス及び底吹きガスは、不活性ガス( $N_2$ 、 $Ar$ 等)、 $CO$ またはプロセスガスに限定され、 $O_2$ は使用されない。これは次のような理由による。

先ず、横吹きガスに酸素を用いると、鉄鉱石還元のために飛散させた溶湯中のCによる還元作用を阻害してしまうという基本的な問題がある。加えて酸素を使用した場合、耐火物の温度が上昇し、耐火物の損耗という問題を生じる。また、底

吹きガスに酸素を用いると、上述したように溶湯中で大量の $CO$ ガスを生じさせて溶湯を強攪拌し過ぎ、この結果、溶湯のスプラッシュが2次燃焼領域(第2図参照)に達し、溶湯中Cが後述する2次燃焼用酸素と反応して2次燃焼が阻害されてしまう。加えて、酸素を使用すると底吹き羽口など耐火物の温度が上がり過ぎるため冷却ガス( $C$ 、 $H_2$ )を添加する必要があるが、これも底吹きガス量を増大させ、強攪拌による溶湯スプラッシュの発生を過大に助長することになる。

第4図は、 $N_2$ 底吹きを行う本発明と、 $N_2$ に代え $O_2$ 吹き込みを行った比較例について、設定した

$$OD = [PCO_2 / (DCO_2 + \text{鉱石中} O_2 + \text{炭材中} O_2 +$$

$$\text{原料付着水}(1/2) + \text{炭材中水素}(1/2))]$$

に対する実際の $OD$ (実測)を調べた結果を示すもので、 $O_2$ 底吹により2次燃焼が阻害されていることが示されている。

なお、攪拌ガスである $N_2$ 、 $Ar$ 等の不活性ガス、 $CO$ または不活性ガスは、単独または混合し

て使用することが出来る。

本発明では、2次燃焼領域を主としてスラグ内に形成させつつ高2次燃焼を実現させるものであり、このように2次燃焼領域をスラグ内に形成しかつ横吹きガスによってスラグを強攪拌することにより、高2次燃焼を確保しつつ高い着熱効率を得ることが出来る。したがって、上記2次燃焼用酸素は、主としてスラグ内に2次燃焼領域が形成されるようスラグ中に吹き込まれることが必要である。

具体的には上吹きランスの高さがスラグや溶湯レベルに対し適度なレベルに設定されることが必要である。すなわち、上吹きランス21はそのノズル孔高さをスラグ面上方あるいはスラグ面下とすることができるが、その高さが高過ぎると2次燃焼領域がスラグ内に形成されなくなると、着熱効率が低下するという問題があり、またランス高さが低過ぎると2次燃焼領域が適正に形成されない虞がある他、ランス21への地金付着、ランス21の損傷による水漏れの虞がある。上記ランス

21の高さの適正なレベル設定には、前記スラグが50~500kg/T程度、スラグレベルで1m以上必要で、スラグが少ない場合はスラグレベルに合わせて前記ランスを下げた場合、ランスからの酸素ジェットが鉄浴面に衝突して、飛散された粒鉄中のCの影響で炉内ガスの $OD$ が低下するという問題が生じる。

第5図はランス先端のスラグ面(フォーミングレベル)からの高さに着熱効率との関係を示すもので、ランス高さがスラグ面にたいして高過ぎると良好な熱効率が得られなくなることが示されている。また、第6図は横吹きガス量と着熱効率との関係を示すもので、横吹きガスを大量に吹き込み、スラグ層を強攪拌することにより良好な着熱効率が得られることが解る。第5図及び第6図を得たときの操業条件は容量50tの製鉄炉で、溶鉄の生成速度は28t/hrである。

本発明では高着熱効率が得られるため、 $OD$ を上記のように高くすることにより高い還元速度が得られるが、これに加え、 $OD$ を上げることによ

り炭材(主としてコークス)の添加量を低く抑えることが出来、この結果、炭材の原単位を低減を図ることができるとともに、溶湯中のP成分の殆どが炭材により持ち込まれることから、溶湯中のPの低減を図ることができる。また、ODが高くなると、氧化脱硫現象が活発になり、溶湯中のSも低下する。このような観点からも本発明ではODは0.5以上とする。ODの上限は1.0であるが、ODは大きい程望ましい。

第7図は第1表に示す炭材Aを用いた場合の酸化度ODと第1図の溶融還元装置から発生する余剰エネルギーとの関係を示したグラフ図である。図中斜線で示した範囲が製鉄所全体のエネルギーバランスを考えたときの適正な余剰エネルギーの範囲である。この図は前記溶融還元装置について検討した結果えられたもので、これによれば、ODが0.5より小さい場合は余剰エネルギーは多過ぎて無駄なエネルギーが発生することになる。このことは第7図に示されているように予熱予備還元率を30%以下にしたときに達成されるのであ

て、30%より多くすることは前述の通り鉄鉱石の予熱予備還元炉の滞留時間が長くなり、溶融還元装置の操業の自由度が大きく制限されることになる。

第8図は第1表に示す炭材Bを用いた場合の、第7図と同様の酸化度ODと余剰エネルギーとの関係を示すグラフ図である。炭材Bは炭材Aよりも発熱量が大きいため、ODが小さい値でも上記エネルギーバランスに見合う適正な余剰エネルギーとなっている。本発明の溶融還元法では、反応の性質上、炭材の粘結性、固定炭素、灰分含有量等の物性は問わない。したがって、炭材の選択範囲が広いことから考えて、ODの最適範囲は0.5乃至1.0である。

第 1 表

項 目	炭材 A	炭材 B
発熱量 kcal/kg	6700	7400
粘結性	弱	強
固定炭素 %	73	74
揮発分 %	33	15
灰 分 %	10	10

次に本案施例に基づく具体的数値を挙げる。炭材として石炭を1124kg/THM(製造される溶鉄トン当たり、以下同じ)、酸素を798/THMを使用してODが0.5 着熱効率は70%であった。

#### [発明の効果]

本発明によれば、上吹き酸素ランスの脱炭用、2次燃焼用の酸素ノズルから、直接、スラグ層に酸素を吹きこみ、また、製鉄炉の炉壁及び炉底に設けた羽口からガス吹き込みを行って強攪拌し、製鉄炉の発生ガスの酸化度を0.5乃至1.0に調整して前記ガスの温度を300℃乃至1300℃とすることが出来るので、製鉄炉の熱効率を向上させ同時

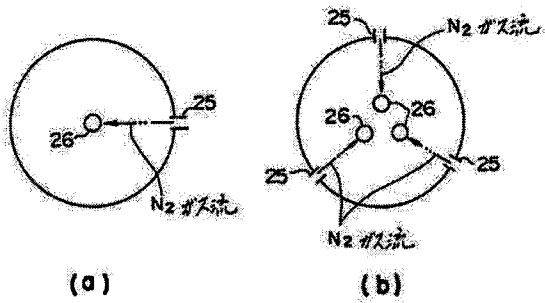
に溶融還元装置の余剰エネルギーを製鉄所のエネルギーバランスに見合った適正なものとして行うことができる。また、予熱炉の排ガスから細粒もしくは粉状の鉄鉱石を分離して前記鉄石をキャリアーガスとともに前記羽口もしくは酸素ランスの専用ノズルから吹き込むので熱効率または鉄鉱石の歩留まりが向上する。

#### 4. 図面の簡単な説明

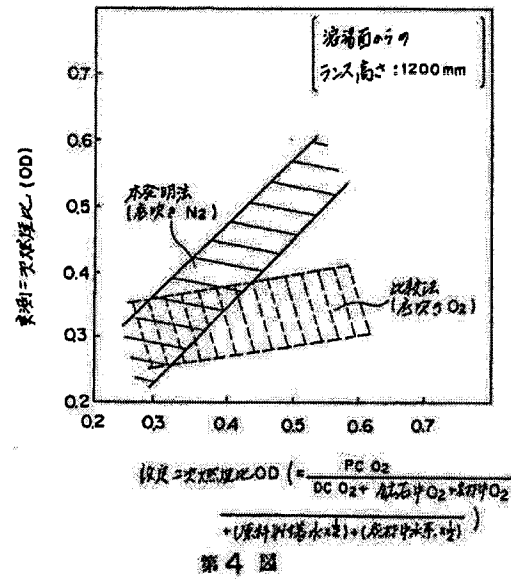
第1図は本発明の溶融還元法に用いられる溶融還元装置のプロセスの説明図、第2図は第1図における製鉄炉内のガス流れを示す模式図、第3図は横吹き羽口と底吹き羽口との位置関係を示す説明図、第4図は設定ODに対する実測ODを示すグラフ図、第5図はランス高さに着熱効率の関係を示すグラフ図、第6図は横吹きガス量と着熱効率との関係を示すグラフ図、第7図及び第8図は第1表に示す炭材を用いた場合の第1図の溶融還元装置から発生する余剰エネルギーとODとの関係を示すグラフ図である。

[illegible]

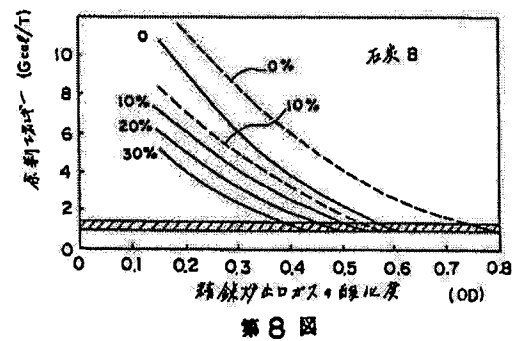
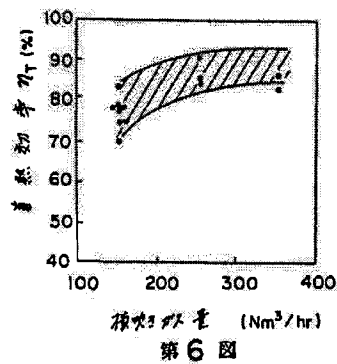
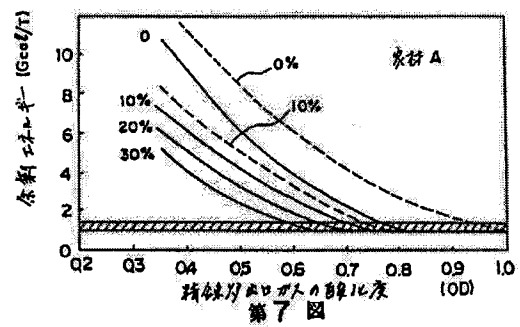
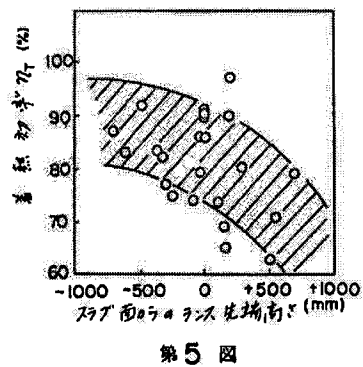
- 113 -



第3图



## 第4章





第1頁の続き

⑫発 明 者 川 上 正 弘 東京都千代田区丸ノ内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内

⑬発 明 者 寺 田 修 東京都千代田区丸ノ内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内